



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
20.11.2013 Patentblatt 2013/47

(51) Int Cl.:
G01R 27/18 (2006.01) G01R 31/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13167780.9**

(22) Anmeldetag: **15.05.2013**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(72) Erfinder:
• **Weiß, Carsten**
35321 Laubach (DE)
• **Groh, Tobias**
35325 Mücke (DE)

(30) Priorität: **15.05.2012 DE 102012208111**

(74) Vertreter: **advotec.**
Patent- und Rechtsanwälte
Georg-Schlosser-Straße 6
35390 Gießen (DE)

(71) Anmelder: **Bender GmbH & Co. KG**
35305 Grünberg (DE)

(54) **Pulsgenerator-Schaltungsanordnung und Verfahren zur Erzeugung von Pulssignalen für die Isolationsfehlersuche in IT-Netzen**

(57) Die Erfindung betrifft eine Pulsgenerator-Schaltungsanordnung (2) und ein Verfahren zur Erzeugung von Pulssignalen für die Isolationsfehlersuche in IT-Netzen, mit einer Gleichrichterschaltung (4) zur Umwandlung der IT-Netzspannung in einen DC-Zwischenkreis, Schaltgliedern (5) mit einem Triggersignaleingang zur Auf- und Abschaltung einer DC-Zwischenkreisspannung und mit einer den Schaltgliedern nachgeordneten Schal-

tungseinrichtung zur Erzeugung eines in das IT-Netz einzuspeisenden Pulsstroms. Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung weist eine Steuer- und Auswertelogik (8) zur Bestimmung des Isolationswiderstands des IT-Netzes auf sowie eine Schaltungseinrichtung zur Erzeugung des Pulsstroms, die als Stromregelungseinrichtung (6) ausgeführt ist und eine dynamische Einstellung des Pulsstromes in Abhängigkeit des ermittelten Isolationswiderstandes ermöglicht.

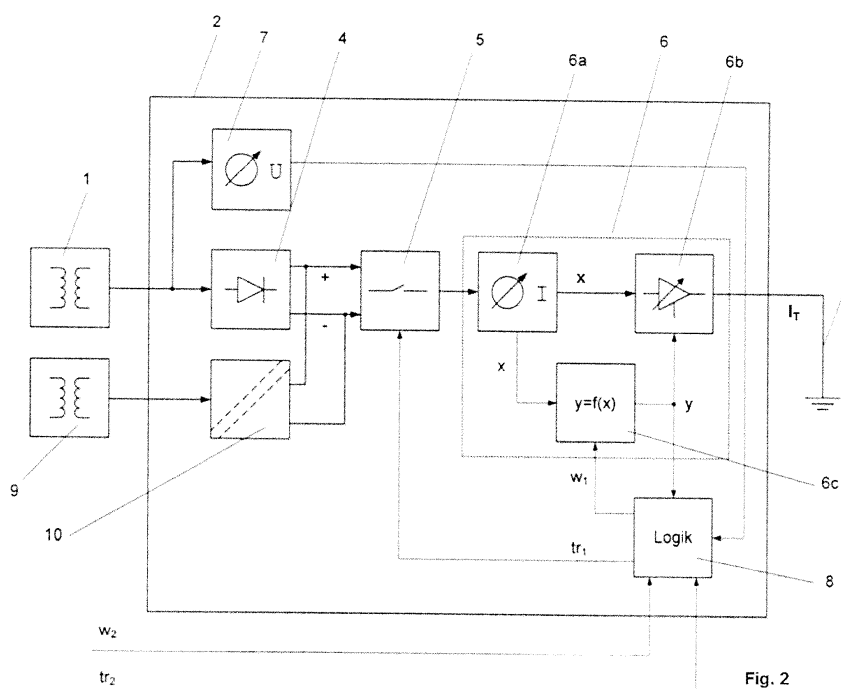


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Pulsgenerator-Schaltungsanordnung zur Isolationsfehlersuche in IT-Netzen, mit einer Gleichrichterschaltung zur Umwandlung der IT-Netzspannung in einen DC-Zwischenkreis, Schaltgliedern mit einem Triggersignaleingang zur Auf- und Abschaltung einer DC-Zwischenkreisspannung und mit einer den Schaltgliedern nachgeordneten Schaltungseinrichtung zur Erzeugung eines in das IT-Netz einzuspeisenden Pulsstroms.

[0002] Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Erzeugung von Pulssignalen zur Isolationsfehlersuche in IT-Netzen, umfassend die Signalverarbeitungsschritte: Umwandlung einer IT-Netzspannung in einen DC-Zwischenkreis mittels einer Gleichrichterschaltung, getriggerte Auf- und Abschaltung einer DC-Zwischenkreisspannung durch Schaltglieder mit einem Triggersignaleingang und Erzeugung eines in das IT-Netz einzuspeisenden Pulsstroms.

[0003] Um eine hohe Verfügbarkeit und Betriebssicherheit der elektrischen Stromversorgung sicherzustellen sowie die Personensicherheit im Bereich elektrischer Anlagen zu gewährleisten, kommen in zunehmendem Maße Stromversorgungsnetze zum Einsatz, deren aktive Teile von dem Erdpotential getrennt sind. Bei dieser als ungeerdetes IT-System bezeichneten Art des Stromversorgungsnetzes kann ein aktiver Leiter einen Isolationsfehler aufweisen, ohne dass der laufende Betrieb der Anlage unterbrochen werden muss, weil sich wegen des im Idealfall unendlich großen Impedanzwertes zwischen Leiter und Erde in diesem ersten Fehlerfall kein geschlossener Stromkreis ausbilden kann. Als Isolationsfehler wird dabei ein fehlerhafter Zustand des IT-Systems, insbesondere ein Körper- oder Erdschluss, also eine leitende Verbindung inaktiver Anlagenteile mit leitenden Betriebsmitteln oder eine leitende Verbindung eines aktiven Leiters gegen Erde, verstanden.

[0004] Aus dieser Betrachtung geht hervor, dass der Widerstand in dem zu überwachenden Netz, einschließlich der Widerstände aller daran angeschlossenen Betriebsmittel gegen Erde (Isolationswiderstand) ständig überwacht werden muss, da durch einen möglichen weiteren Fehler an einem anderen aktiven Leiter (zweiter Fehler) eine Fehlerschleife entstünde und der darin fließende Fehlerstrom in Verbindung mit einer Überstrom-Schutzeinrichtung eine Abschaltung der Anlage zur Folge hätte. Mit einer ständigen Isolationsüberwachung des ungeerdeten IT-Systems kann ein Absinken des Isolationswiderstands rechtzeitig erkannt und gemeldet werden.

[0005] Dem Stand der Technik gemäß beruhen die Messverfahren zur Bestimmung des Isolationswiderstandes prinzipiell auf der Überlagerung einer in einem Isolationsüberwachungsgerät erzeugten Messspannung zwischen den Leitern des IT-Netzes und Erde, so dass sich ein bestimmter, dem Isolationsfehler proportionaler Messstrom einstellt, der an einem Messwider-

stand des Isolationsüberwachungsgerätes einen entsprechenden Spannungsabfall hervorruft. Überschreitet der Spannungsabfall infolge eines abgesunkenen Isolationswiderstands und damit eines höheren Messstroms einen bestimmten Wert, so wird eine Meldung ausgelöst. Um im Hinblick auf eine zuverlässige Isolationsüberwachung in heutigen modernen Netzen, in denen eine Vielzahl von Betriebsmitteln mit elektronischen Bauelementen versehen ist, Messverfälschungen entgegenzuwirken, hervorgerufen beispielsweise durch von Umrichtern erzeugte Gleichstromkomponenten, sind die Messverfahren stets weiter entwickelt worden. In reinen Wechselstromnetzen ohne verfälschende Gleichspannungsanteile kann das Verfahren der Überlagerung einer Messgleichspannung eingesetzt werden, wohingegen in störungsbehafteten Umgebungen eine gesteuerte, speziell getaktete Messspannung zum Treiben von Pulssignalen zur Anwendung gelangt.

[0006] Ist ein Absinken des Isolationswiderstandes erkannt, startet die Isolationsfehlersuche indem das Isolationsüberwachungsgerät oder ein separates Prüfgerät einen Prüfstrom erzeugt und in das IT-Netz einspeist. Um Isolationsfehler in einem DC-Netz zuverlässig erkennen zu können und auf Grund der verfügbaren Messtechnik besitzt auch der zur Isolationsfehlersuche eingespeiste Prüfstrom vorzugsweise einen impulsförmigen Verlauf mit alternierender Polarität (Pulsstrom), so dass abwechselnd beide Leiter (L+ und L-) vom Prüfstrom durchflossen werden. Dieses Prüfstromsignal wird von allen Messstromwandlern, die im fehlerbehafteten Leitungsabgang des Netzes liegen, erfasst und durch ein Isolationsfehler-Auswertegerät ausgewertet und angezeigt. Durch die Zuordnung Messstromwandler/Stromkreis bzw. Leitungsabgang kann der Fehlerort lokalisiert werden.

[0007] Als nachteilig erweist sich bei dieser nach dem Stand der Technik üblichen Vorgehensweise, dass die Bestimmung des Isolationswiderstands und die Lokalisierung von Isolationsfehlern zwei getrennte, in sich abgeschlossene Prozesse darstellen. Dies hat zur Folge, dass beispielsweise zur Durchführung einer erneuten Messung des Isolationswiderstands während der bereits eingeleiteten Fehlersuche die Einspeisung der Prüfpulse unterbrochen werden muss, um mit einer geeigneten Messspannung die Isolationswiderstandsmessung durchführen zu können. Eine zeitgleiche Bestimmung des Isolationswiderstands während der Fehlersuche ist somit nicht in einfacher Weise möglich.

[0008] Des Weiteren bieten zwar Geräte nach dem Stand der Technik die Möglichkeit, bei der Fehlersuche den Prüfstrom durch entsprechende Schaltungseinrichtungen wie Stromregler während der Impulsdauer zu stabilisieren und auf einen oder mehrere Maximalwerte zu begrenzen, aber diese Einstellungen stellen nur eine relativ grobe Anpassung des Pulsstromes an die Netzverhältnisse dar, so dass oftmals ein unnötig hoher Pulsstrom generiert wird. Dabei kann es in der Generatorschaltung zu einer übermäßigen Wärmeentwicklung

kommen, der bislang durch die Verwendung von großflächigen Kühlkörpern oder Übertemperaturabschaltungen begegnet wurde. In nachteiliger Weise führen diese Gegenmaßnahmen damit direkt oder indirekt über Betriebsunterbrechungen zu Kostensteigerungen.

[0009] Darüber hinaus steht in abgeschalteten zu untersuchenden IT-Systemen eine den Pulsstrom treibende Spannung nicht zur Verfügung. Hier stellt sich also grundsätzlich das Problem einer geeigneten Spannungsversorgung zur Erzeugung des Prüfstroms.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zu Grunde, eine Pulsgenerator-Schaltungsanordnung und ein Verfahren zur Erzeugung von Pulssignalen zur Isolationsfehlersuche in IT-Netzen zu entwickeln, die den Prozess einer mit der Isolationsüberwachung verbundenen Isolationsfehlersuche vereinfachen und auch in abgeschalteten IT-Netzen verwendbar bzw. anwendbar sind.

[0011] Diese Aufgabe wird bezogen auf eine Schaltungsanordnung in Verbindung mit dem Oberbegriff des Anspruchs 1 gelöst durch eine Steuer- und Auswertelogik zur Bestimmung des Isolationswiderstands des IT-Netzes und durch eine Schaltungseinrichtung zur Erzeugung des Pulsstroms, die als Stromregelungseinrichtung ausgeführt ist, die eine dynamische Einstellung des Pulsstromes in Abhängigkeit des ermittelten Isolationswiderstandes ermöglicht.

[0012] Erfindungsgemäß ist in die Pulsgenerator-Schaltungsanordnung eine Steuer- und Auswertelogik integriert, die in der Lage ist, den Isolationswiderstand eines angeschlossenen IT-Netzes während der Erzeugung eines Pulsstroms zu bestimmen. Damit ergibt sich in vorteilhafter Weise die Möglichkeit, mit der Pulsgenerator-Schaltungsanordnung zeitgleich mit der Fehlersuche auch eine Isolationswiderstandsbestimmung durchführen zu können. Es ist nicht erforderlich, während der Fehlersuche die Pulssequenz zu unterbrechen, um eine Isolationswiderstandsmessung ausführen zu können.

[0013] Ausgangspunkt der vorliegenden Erfindung ist die grundsätzliche Betrachtung, dass bei einem Isolationsfehler ein Prüfstrom I_T (Pulsstrom) in einem Stromkreis fließt, der als Quellenspannung U_0 die IT-Netzspannung bzw. eine daraus abgeleitete DC-Zwischenkreispannung besitzt und dessen elektrischer Widerstand sich aus der Reihenschaltung eines Isolationsfehlerwiderstands R_F (Isolationswiderstand im Fehlerfall) und eines veränderlichen Innenwiderstands R_{PG} des Pulsgenerators ergibt. Soll nun ein vorgegebener, innerhalb einer Impulsdauer konstanter Prüfstrom I_T fließen, so stellt sich bei der bekannten DC-Zwischenkreisspannung U_0 ein bestimmter Wert des Innenwiderstands R_{PG} des Pulsgenerators ein. Der Innenwiderstand R_{PG} des Pulsgenerators ist intern bestimmbar, so dass sich nach dem ohmschen Gesetz und den in linearen Netzen geltenden Strom-Spannungsbeziehungen der Isolationsfehlerwiderstand R_F berechnen lässt aus: $R_F = (U_0/I_T) - R_{PG}$. Um einen - innerhalb der Impulsdauer in eingeschwungenem Zustand - konstanten Pulsstrom zu erzeugen, ist die

Schaltungseinrichtung zur Erzeugung des Pulsstroms als Stromregelungseinrichtung ausgeführt, die unter Einbeziehung des ermittelten Isolationswiderstandswertes eine dynamische Einstellung des Pulsstromes gestattet.

Durch diese adaptive Einstellung kann der Pulsstrom an den durch den ermittelten Isolationswiderstand repräsentierten elektrischen Zustand des zu untersuchenden Netzes angepasst werden. Einerseits bewegt sich der Pulsstrom damit in einem Bereich, in dem der Isolationswiderstand exakt ermittelt werden kann, zum anderen ergibt sich automatisch auch eine an die Netzverhältnisse angepasste Einstellung des Pulsstromes.

[0014] In vorteilhafter Ausgestaltung weist die Stromregelungseinrichtung zur dynamischen Einstellung des Pulsstromes daher eine Regellogik auf, die eingangsseitig mit einer Strommesseinrichtung zur Ermittlung eines Strom-Istwertes des IT-Netzes sowie zur Einbeziehung eines von dem Isolationswiderstand abhängigen Strom-Sollwertes mit der Steuer- und Auswertelogik verbunden ist und die ausgangseitig eine Stellgröße bereitstellt, die über ein Stellglied den Strom-Istwert verändert, so dass sich am Ausgang des Stellgliedes ein angepasster Ausgangsstromwert einstellt.

[0015] Nach den vorangegangenen Überlegungen ist der Isolationswiderstand prinzipiell mit einem beliebigen konstanten Prüf-/Pulsstrom ermittelbar. Folgende praktische Erwägungen jedoch führen zu der Notwendigkeit, den Prüfstrom verändern zu können: Erstens ist der Messbereich begrenzt durch den minimal erreichbaren Innenwiderstand R_{PG} des Pulsgenerators sowie durch die zur Verfügung stehende Quellenspannung U_0 . Zweitens muss je nach Schaltungskonzept eine (zu) hohe thermische Verlustleistung abgeführt werden. Drittens ergäben sich bei nichtlinearem Verhalten Arbeitsbereiche des Stellgliedes mit hoher Empfindlichkeit und mit geringer Empfindlichkeit gegenüber der Stellgröße, wobei in Bereichen mit niedriger Empfindlichkeit der Innenwiderstand R_{PG} des Pulsgenerators besonders genau ermittelt werden kann.

[0016] Die Regellogik berechnet somit auf der Basis eines von einer Strommesseinrichtung ermittelten Strom-Istwertes des IT-Netzes und einem von der Steuer- und Auswertelogik zugeführten, von dem ermittelten Isolationswiderstand abgeleiteten Strom-Sollwert zunächst eine Stellgröße. Diese Stellgröße wirkt über ein Stellglied, dem ebenfalls der in der Strommesseinrichtung ermittelte Strom-Istwert des IT-Netzes zugeführt wird, auf den Strom-Istwert ein, so dass ein entsprechend der Regellogik veränderter Ausgangsstrom generiert wird.

[0017] Weiterhin ist die Steuer- und Auswertelogik zur Bestimmung des ohmschen Anteils des Isolationswiderstands eingangsseitig mit dem Stellgrößenausgang der Regellogik und mit einer Spannungsmesseinrichtung zur Messung der IT-Netzspannung verbunden und gibt ausgangseitig einen Strom-Sollwert an die Regellogik und ein internes Triggersignal an die Schaltglieder zur Auf- und Abschaltung der DC-Zwischenkreisspannung wei-

ter.

[0018] Die Pulsgenerator-Schaltungsanordnung umfasst mit Vorteil eine Spannungsmesseinrichtung zur Ermittlung der Netzspannung des IT-Systems. Aus dieser Netzspannung und der von der Regellogik zugeführten Stellgröße kann die Steuer- und Auswertelogik den ohmschen Anteil des Isolationswiderstandes bestimmen. Eine von diesem ohmschen Anteil abgeleitete Größe wird als variabler Strom-Sollwert der Regellogik zugeführt und dient damit als Führungsgröße der Stromregelungseinrichtung.

[0019] Bevorzugt weist die Steuer- und Auswertelogik weitere Eingänge für einen extern zugeführten System-Sollwert des Pulsstromes und für ein extern zugeführtes systemweites Triggersignal für die Pulsstromsequenz auf.

[0020] Damit können der Pulsgenerator-Schaltungsanordnung von außen ein System-Sollwert des Pulsstromes sowie ein systemweites Triggersignal für die Pulsstromsequenz vorgegeben und bei der Berechnung des Strom-sollwertes für die Regellogik sowie bei der Ableitung des internen Triggersignals berücksichtigt werden.

[0021] Vorzugsweise weist die Pulsgenerator-Schaltungsanordnung ein zusätzliches Netzteil auf, das mittels einer externen Versorgungsspannung aus einem weiteren Stromversorgungsnetz eine galvanisch getrennte DC-Spannung in den DC-Zwischenkreis einspeist. Damit ist die Möglichkeit geschaffen, auch bei abgeschalteten IT-Systemen einen (Prüf-)Strom generieren und eine Fehlersuche durchführen zu können.

[0022] Die der Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe wird bezogen auf ein Verfahren in Verbindung mit dem Oberbegriff des Anspruchs 6 weiterhin gelöst durch eine Bestimmung des Isolationswiderstands des IT-Netzes mittels einer Steuer- und Auswertelogik und durch die Erzeugung des in das IT-Netz eingespeisten Pulsstroms mittels einer Stromregelungseinrichtung derart, dass eine dynamische Einstellung des Pulsstromes in Abhängigkeit des ermittelten Isolationswiderstandes erfolgt.

[0023] Korrespondierend zu den Vorrichtungsmerkmalen der erfindungsgemäßen Pulsgenerator-Schaltungsanordnung umfasst das beanspruchte Verfahren in einem erfindungsgemäßen Verfahrensschritt eine Bestimmung des Isolationswiderstands, die zeitgleich mit einer Isolationsfehlersuche erfolgt. Weiterhin wird erfindungsgemäß der eingespeiste Pulsstrom dynamisch unter mittelbarer Einbeziehung des Isolationswiderstands über die Variation des Strom-Sollwertes eingestellt. Die parallel verlaufende Durchführung von Isolationswiderstandsmessung und Isolationsfehlersuche bietet den Vorteil, dass in einfacher Weise während der Isolationsfehlersuche der Isolationswiderstand wiederholt geprüft werden kann und der so ermittelte Wert des Isolationswiderstandes zur Regelung des einzuspeisenden Pulsstroms herangezogen werden kann.

[0024] Daher erfolgt in einer bevorzugten Ausgestaltung die Stromregelung zur dynamischen Einstellung des Pulsstromes durch eine Regellogik, die aus einem

von einer Strommeseinrichtung zugeführten Strom-Istwert des IT-Netzes und einem von der Steuer- und Auswertelogik zugeführten Isolationswiderstands-abhängigen Strom-Sollwert eine Stellgröße berechnet, die über ein Stellglied den Strom-Istwert verändert, so dass sich am Ausgang des Stellgliedes ein angepasster Ausgangsstromwert einstellt.

[0025] Zunächst wird daher mittels einer Strommeseinrichtung der tatsächlich in dem zu untersuchenden IT-Netz fließende Strom ermittelt und als Strom-Istwert einer Regellogik sowie einem Stellglied zugeführt. Als Soll-Größe erhält die Regellogik von der Steuer- und Auswertelogik einen Isolationswiderstands-abhängigen Strom-Sollwert vorgegeben. Aus diesen beiden Eingangsgrößen berechnet die Regellogik entsprechend dem implementierten Reglerverhalten eine Stellgröße, auf deren Basis ein Prüfstrom vorgegeben wird, bei dem der Isolationswiderstand möglichst exakt berechnet werden kann. Die Stellgröße verändert über das Stellglied den Strom-Istwert, so dass sich der gewünschte, dynamisch angepasste Ausgangsstromwert einstellt. Beispielsweise könnte die Strategie verfolgt werden, den Pulsstrom so einzustellen, dass sich eine Stellgröße/ein Stellgrößenfaktor von etwa 50% ergibt. Bei Änderungen des Isolationswiderstandswertes stünde dann noch genügend Spielraum zur Verfügung, um nicht den Prüfstrom sofort wieder neu anpassen zu müssen.

[0026] Vorzugsweise werden zur Bestimmung des ohmschen Anteils des Isolationswiderstandes in der Steuer- und Auswertelogik als Eingangsgrößen die von der Regellogik gelieferte Stellgröße und die von der Spannungsmesseinrichtung bereitgestellte IT-Netzspannung herangezogen, wobei die Steuer- und Auswertelogik den in Abhängigkeit des ermittelten Isolationswiderstands veränderlichen Strom-Sollwert an die Regellogik weitergibt. Die zeitgleich zur Pulsstrom-Einspeisung ausgeführte Bestimmung des ohmschen Anteils des Isolationswiderstandes erfolgt aus einer Spannungs-/Strommessung wobei die IT-Netzspannung von einer unmittelbar an das IT-Netz angeschlossenen Spannungsmesseinrichtung ermittelt wird. Der benötigte Stromwert wird durch die von der Regellogik gelieferte Stellgröße abgebildet.

[0027] Vorzugsweise erfolgt die dynamische Einstellung des Pulsstromes nach einem oder mehreren der Kriterien a) Optimierung des Arbeitsbereichs des Stellgliedes, b) Stellgröße in einem Bereich, der eine möglichst genaue Bestimmung des Isolationswiderstandes erlaubt, c) Minimierung der Verlustleistung des Stellgliedes.

[0028] Das Regelverhalten kann somit daraufhin ausgelegt werden, dass das Stellglied in einem optimalen Arbeitsbereich arbeitet, also nicht an den Grenzen seiner Einstellbereiche angesteuert wird und/oder die Regelung kann so ausgelegt sein, dass die Verlustleistung des Stellgliedes minimiert wird. Daneben ist auch eine Einstellung des Pulsstromes derart möglich, dass sich die Stellgröße in einem Bereich bewegt, der eine möglichst

genaue Bestimmung des Isolationswiderstands erlaubt, in dem somit die Messungenauigkeiten minimal sind.

[0029] Bevorzugt weist der Pulsstrom einen impulsförmigen, alternierenden Verlauf auf. Die bisher verfügbare und eingesetzte Messtechnik zur Isolationsfehlersuche kann einen impulsförmigen Verlauf des Pulsstromes notwendig machen. Zudem ist es zweckmäßig, dass die Impulse eine alternierende Polarität aufweisen, damit beide Leiter eines IT-Netzes vom Prüfstrom durchflossen werden.

[0030] Um in abgeschalteten IT-Systemen - wenn eine den (Puls-)Strom treibende Netzspannungsquelle nicht zur Verfügung steht - dennoch eine Fehlersuche durchführen zu können, ist vorgesehen, eine galvanisch getrennte DC-Spannung mittels einer externen Versorgungsspannung aus einem weiteren Stromversorgungsnetz in den DC-Zwischenkreis einzuspeisen.

[0031] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmerkmale ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen, die eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung an Hand eines Beispiels erläutern. Es zeigen:

Fig. 1: ein Ersatzschaltbild eines Prüfstromkreises,

Fig. 2: ein funktionales Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Pulsgenerator-Schaltungsanordnung,

Fig. 3: einen Pulsgenerator nach dem Stand der Technik.

[0032] **Fig. 1** zeigt ein vereinfachtes Ersatzschaltbild eines Prüfstromkreises zur Bestimmung eines Isolationsfehlerwiderstands R_F eines IT-Netzes mit konstantem Prüfstrom I_T . Die Quellenspannung U_0 , die eine Netzspannung oder eine daraus abgeleitete Zwischenkreisspannung sein kann, treibt einen Prüfstrom I_T durch den von dem Isolationsfehlerwiderstand R_F und dem veränderlichen Innenwiderstand R_{PG} des Pulsgenerators geschlossenen Stromkreis. Soll ein vorgegebener Prüfstrom I_T fließen, so stellt sich nach dem ohmschen Gesetz und den in linearen Netzen geltenden Strom-Spannungsbeziehungen ein bestimmter Innenwiderstand R_{PG} des Pulsgenerators ein. Dieser Innenwiderstand R_{PG} ist aus internen Größen (siehe **Fig. 2**) des Pulsgenerators bestimmbar, so dass daraus der Isolationsfehlerwiderstand ermittelt werden kann: $R_F = (U_0/I_T) - R_{PG}$.

[0033] **Fig. 2** zeigt ein funktionales Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Pulsgenerator-Schaltungsanordnung 2 in einem IT-System. Der Pulsgenerator 2 ist über seine Systemanschlüsse mit den aktiven Leitern eines IT-Netzes 1 und über den Erdanschluss mit der Erdleitung 3 verbunden. Mit einer Gleichrichterschaltung 4 wird eine Wechsellspannung des IT-Netzes 1 zunächst in eine DC-Zwischenkreisspannung umgewandelt und anschließend mittels Schaltgliedern 5 getaktet, sodass sie als eine einen Pulsstrom-treibende Spannungsquelle

dienen kann. Zur Taktung wird den Schaltgliedern 5 ein internes Triggersignal tr_1 zugeführt.

[0034] Der Pulsstrom I_T wird durch eine als Stromregelungseinrichtung 6 ausgeführte Schaltungseinrichtung 6 dynamisch eingestellt, wobei eine von dem zuvor bestimmten Isolationswiderstand abhängige Sollwert-Vorgabe mit einem Strom-Sollwert w_1 als variable Führungsgröße erfolgt. Mit dieser adaptiven Regelung kann die Größe des erzeugten Pulsstromes I_T so eingestellt werden, dass gleichzeitig mit der Isolationsfehlersuche eine Bestimmung des Isolationswiderstands erfolgt.

[0035] Die Stromregelungseinrichtung 6 setzt sich funktional aus einer Strommesseinrichtung 6a, einem Stellglied 6b und einer Regellogik 6c zusammen. Dabei wird der durch die getaktete DC-Zwischenkreisspannung getriebene Pulsstrom I_T mittels der Strommesseinrichtung 6a bestimmt und als Strom-Istwert x dem Stellglied 6b sowie der Regellogik 6c zugeführt. Die Regellogik 6c empfängt neben dem Strom-Istwert x den internen Strom-Sollwert w_1 von einer Steuer- und Auswertelogik 8 und berechnet entsprechend einem implementierten Regelalgorithmus ein Stellsignal y (Stellgröße). Das Stellsignal y wird dem Stellglied 6b zugeleitet, um den Strom-Istwert x so zu verändern, dass sich ein gewünschter Pulsstrom I_T am Ausgang des Stellgliedes 6b einstellt.

[0036] Wie aus oben dargestelltem Sachverhalt zur Bestimmung des Isolationswiderstands hervorgeht, ist der Innenwiderstand R_{PG} des Pulsgenerators variabel und wird in erster Linie bestimmt durch den Widerstand des Stellgliedes 6b. Dieser ergibt sich durch seine Ansteuerung mittels der Stellgröße y , wobei hier vereinfachend ein linearer Zusammenhang angenommen sei. Bei einer großen Stellgröße y ergibt sich in eingeschwungenem Zustand der Regelung ein großer elektrischer Leitwert, da das Stellglied 6b gut leitet. Dagegen stellt sich bei einer kleinen Stellgröße y ein kleiner Leitwert ein, da das Stellglied 6b sperrt. Der (Innen)Leitwert G_{PG} ist somit durch einen von der Stellgröße y gebildeten Faktor einstellbar: $G_{PG} = \text{Faktor} \cdot \text{Soll-Leitwert}$. Damit ist auch der Innenwiderstand R_{PG} des Pulsgenerators bekannt: $R_{PG} = 1/(\text{Faktor} \cdot \text{Soll-Leitwert})$.

[0037] Es fließt somit in dem (Prüf-)Stromkreis ein vor-einstellbarer Pulsstrom I_T , der von dem Pulsgenerator 2 über die Erdleitung 3, den Isolationsfehler und die Leitungen des IT-Netzes 1 zurück in den Pulsgenerator 2 fließt. Die Prüfstromimpulse I_T werden von allen Messstromwandlern erfasst, die in diesem Stromkreis fest installiert oder als portable Messstromwandler zur Isolationsfehlersuche angeordnet sind.

[0038] Der von der Steuer- und Auswertelogik 8 vorgegebene interne Strom-Sollwert w_1 ist abhängig von einem in der Steuer- und Auswertelogik 8 bestimmten Isolationswiderstandswert, zu dessen Berechnung die mittels einer Spannungsmesseinrichtung 7 gemessene IT-Netzspannung und die von der Regellogik 8 ermittelte Stellgröße y herangezogen werden.

[0039] In dem dargestellten Ausführungsbeispiel wer-

den der Steuer- und Auswertelogik 8 als externe Signale ein System-Sollwert w_2 für den Prüfstrom I_T vorgegeben, aus dem die Steuer- und Auswertelogik 8 unter Einbeziehung des Isolationswiderstandes den internen Strom-Sollwert w_1 ableitet, sowie ein externes systemweites Triggersignal tr_2 als Basis für das interne Triggersignal tr_1 zur Ansteuerung der Schaltglieder 5.

[0040] Befindet sich das zu untersuchende Netz 1 in abgeschaltetem Zustand, so kann die treibende Spannung aus einem versorgenden Netz 9 bezogen werden, an das ein Netzteil 10 angekoppelt ist. Das zusätzliche Netzteil 10 speist eine galvanisch getrennte DC-Spannung in den DC-Zwischenkreis ein, die im Fall eines spannungslosen IT-Netzes 1 den Pulsstrom I_T treibt.

[0041] In Fig. 3 ist demgegenüber ein Pulsgenerator 2 nach dem Stand der Technik dargestellt. Dieser Puls-generator weist im Wesentlichen die drei Funktionsblöcke Gleichrichterschaltung 4, Schaltglieder 5 und eine als einfachen Stromregler 6 ausgeführte Schaltungseinrichtung 6 auf. Eine dynamische Einstellung des Pulsstroms I_T im Sinne eines geschlossenen Regelkreises ist nicht vorgesehen.

Patentansprüche

1. Pulsgenerator-Schaltungsanordnung zur Isolationsfehlersuche in IT-Netzen, mit einer Gleichrichterschaltung zur Umwandlung der IT-Netzspannung in einen DC-Zwischenkreis, Schaltgliedern mit einem Triggersignaleingang zur Auf- und Abschaltung einer DC-Zwischenkreisspannung und mit einer den Schaltgliedern nachgeordneten Schaltungseinrichtung zur Erzeugung eines in das IT-Netz einzuspeisenden Pulsstroms,
gekennzeichnet durch
eine Steuer- und Auswertelogik zur Bestimmung des Isolationswiderstands des IT-Netzes und **durch** eine Schaltungseinrichtung zur Erzeugung des Pulsstroms, die als Stromregelungseinrichtung ausgeführt ist, die eine dynamische Einstellung des Pulsstromes in Abhängigkeit des ermittelten Isolationswiderstandes ermöglicht.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Stromregelungseinrichtung zur dynamischen Einstellung des Pulsstromes eine Regellogik aufweist, die eingangsseitig mit einer Strommesseinrichtung zur Ermittlung eines Strom-Istwertes des IT-Netzes sowie zur Einbeziehung eines von dem Isolationswiderstand abgeleiteten Strom-Sollwertes mit der Steuer- und Auswertelogik verbunden ist und die ausgangseitig eine Stellgröße bereitstellt, die über ein Stellglied den Strom-Istwert verändert, so dass sich am Ausgang des Stellgliedes ein angepasster Ausgangsstromwert einstellt.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuer- und Auswertelogik zur Bestimmung des ohmschen Anteils des Isolationswiderstands eingangsseitig mit dem Stellgrößen Ausgang der Regellogik und mit einer Spannungsmesseinrichtung zur Messung der IT-Netzspannung verbunden ist und ausgangseitig einen Strom-Sollwert an die Regellogik und ein internes Triggersignal an die Schaltglieder zur Auf- und Abschaltung der DC-Zwischenkreisspannung weitergibt.
4. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuer- und Auswertelogik weitere Eingänge für einen extern zugeführten System-Sollwert des Pulsstromes und für ein extern zugeführtes systemweites Triggersignal für die Pulsstromsequenz aufweist.
5. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
gekennzeichnet durch
ein zusätzliches Netzteil, das mittels einer externen Versorgungsspannung aus einem weiteren Stromversorgungsnetz eine galvanisch getrennte DC-Spannung in den DC-Zwischenkreis einspeist.
6. Verfahren zur Erzeugung von Pulssignalen zur Isolationsfehlersuche in IT-Netzen, umfassend die Signalverarbeitungsschritte:
 - Umwandlung einer IT-Netzspannung in einen DC-Zwischenkreis mittels einer Gleichrichterschaltung,
 - getriggerte Auf- und Abschaltung einer DC-Zwischenkreisspannung durch Schaltglieder mit einem Triggersignaleingang,
 - Erzeugung eines in das IT-Netz einzuspeisenden Pulsstroms,
gekennzeichnet durch
 - eine Bestimmung des Isolationswiderstands des IT-Netzes mittels einer Steuer- und Auswertelogik,
 - die Erzeugung des in das IT-Netz eingespeisten Pulsstroms mittels einer Stromregelungseinrichtung derart, dass eine dynamische Einstellung des Pulsstromes in Abhängigkeit des ermittelten Isolationswiderstandes erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Stromregelung zur dynamischen Einstellung des Pulsstromes durch eine Regellogik erfolgt, die aus einem von einer Strommesseinrichtung zugeführten Strom-Istwert des IT-Netzes und einem von der Steuer- und Auswertelogik zugeführten Iso-

lationswiderstands-abhängigen Strom-Sollwert eine Stellgröße berechnet, die über ein Stellglied den Strom-Istwert verändert, so dass sich am Ausgang des Stellgliedes ein angepasster Ausgangsstromwert einstellt.

5

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Bestimmung des ohmschen Anteils des Isolationswiderstandes in der Steuer- und Auswertelogik als Eingangsgrößen die von der Regellogik gelieferte Stellgröße und die von der Spannungsmesseinrichtung bereitgestellte IT-Netzspannung herangezogen werden, wobei die Steuer- und Auswertelogik den in Abhängigkeit des ermittelten Isolationswiderstands veränderlichen Strom-Sollwert an die Regellogik weitergibt.

10
15

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,

20

dass die dynamische Einstellung des Pulsstromes nach einem oder mehreren der Kriterien a) Optimierung des Arbeitsbereichs des Stellgliedes, b) Stellgröße in einem Bereich, der eine möglichst genaue Bestimmung des Isolationswiderstandes erlaubt, c)

25

 Minimierung der Verlustleistung des Stellgliedes erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,

30

dass der Pulsstrom einen impulsförmigen, alternierenden Verlauf aufweist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,

35

dass bei abgeschaltetem zu überwachenden IT-Netz eine galvanisch getrennte DC-Spannung mittels einer externen Versorgungsspannung aus einem weiteren Stromversorgungsnetz in den DC-Zwischenkreis eingespeist wird.

40

45

50

55

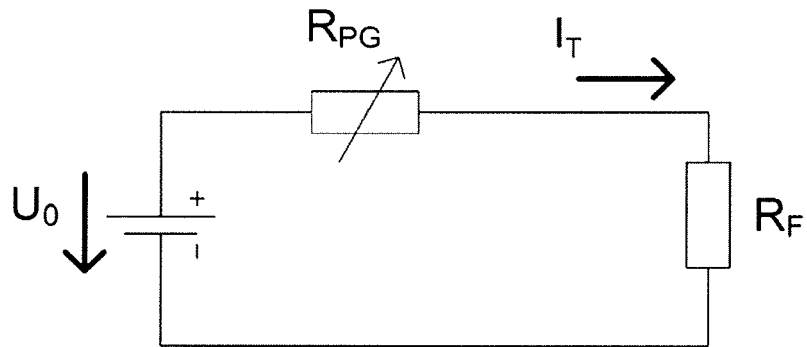


Fig. 1

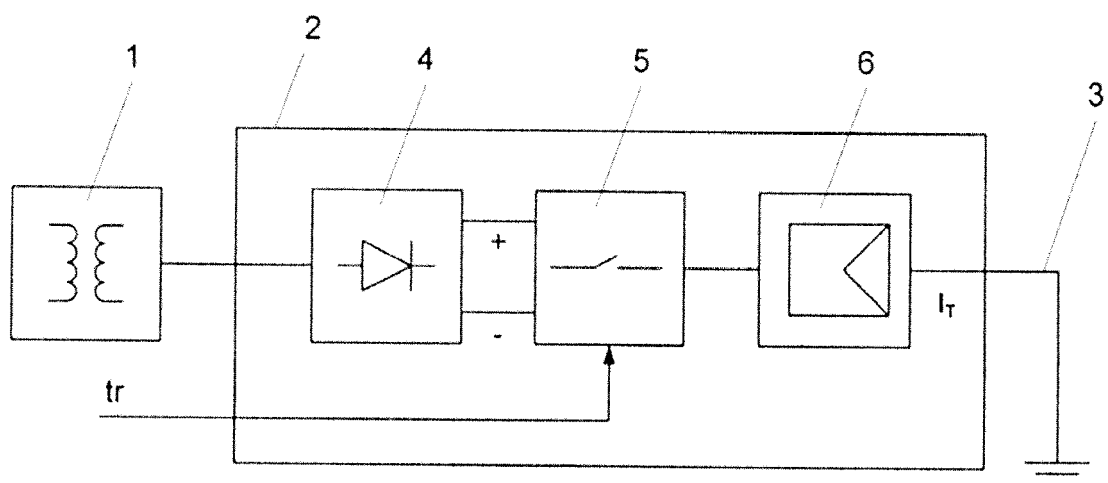


Fig. 3 Stand der Technik

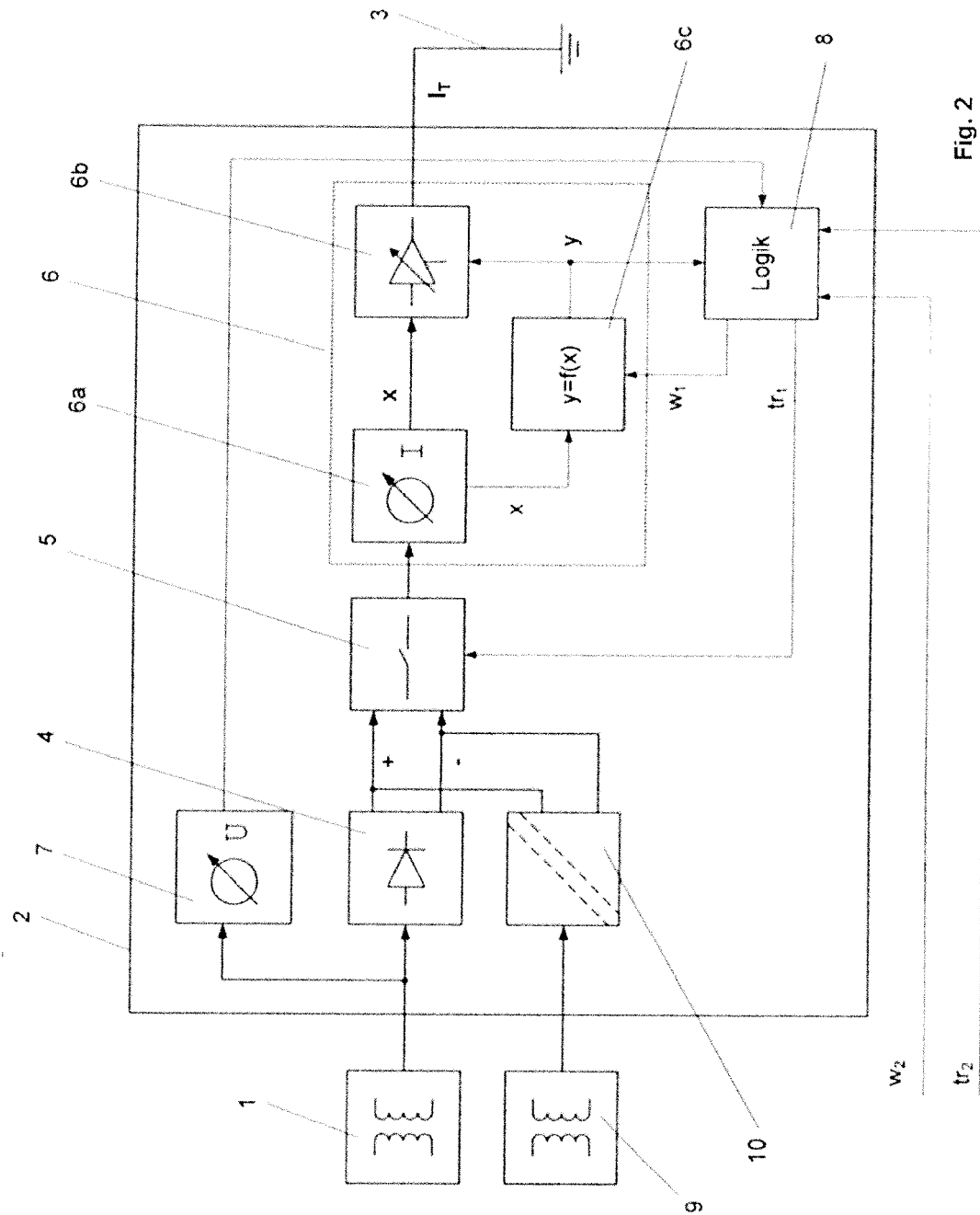


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 13 16 7780

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2005 052956 B3 (EAN ELEKTROSCHALTANLAGEN GMBH [DE]) 31. Mai 2007 (2007-05-31) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 * * Absatz [0005] - Absatz [0007] * * Absatz [0017] - Absatz [0026] * -----	1-11	INV. G01R27/18 G01R31/02
A	DE 10 2004 018918 B3 (EAN ELEKTROSCHALTANLAGEN GRIMM [DE]) 28. Juli 2005 (2005-07-28) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,4 * * Absatz [0030] - Absatz [0043] * -----	1-11	
A	EP 0 654 673 A1 (WALTHER BENDER GMBH & CO KG DI [DE]) 24. Mai 1995 (1995-05-24) * Zusammenfassung; Abbildungen 2,6 * -----	1-11	
A	DE 198 26 410 A1 (WALTHER BENDER GMBH & CO KG DI [DE]) 7. Januar 1999 (1999-01-07) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Spalte 10, Zeile 26 - Zeile 42 * -----	5,11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			G01R H02H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Berlin		Abschlußdatum der Recherche 24. September 2013	Prüfer Ernst, Monika
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 13 16 7780

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

24-09-2013

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102005052956 B3	31-05-2007	KEINE	
DE 102004018918 B3	28-07-2005	CN 1721869 A	18-01-2006
		DE 102004018918 B3	28-07-2005
		EP 1589345 A1	26-10-2005
		EP 1593983 A1	09-11-2005
		HK 1085793 A1	24-09-2010
EP 0654673 A1	24-05-1995	AT 220462 T	15-07-2002
		DE 4339946 A1	01-06-1995
		DK 654673 T3	04-11-2002
		EP 0654673 A1	24-05-1995
		ES 2179834 T3	01-02-2003
		PT 654673 E	29-11-2002
DE 19826410 A1	07-01-1999	AT 236470 T	15-04-2003
		AU 753466 B2	17-10-2002
		AU 8337398 A	04-01-1999
		CN 1267401 A	20-09-2000
		DE 19826410 A1	07-01-1999
		EP 0990292 A1	05-04-2000
		ES 2196582 T3	16-12-2003
		JP 3763852 B2	05-04-2006
		JP 2002505068 A	12-02-2002
		US 6392422 B1	21-05-2002
		WO 9858432 A1	23-12-1998

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82